Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 263-282

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۸۲-۲۶۳

بررسی تغییرات زمانی و مکانی عملکرد گندم و لوبیا، مطالعه موردی: خراسان رضوی

خدیجه پویا نسب[۱]- محمد بنایان اول[۲*]- رضا قربانی[۲]- سارا سنجانی[۳]- فاطمه یعقوبی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۱

چکیده

در ارزیابی عملیات مدیریت زراعی، شناخت تغییرات مکانی خصوصیات خاک و محصول و درک متقابل آنها ضروری است. نوسانات زمانی و مکـانی عملکرد، ناشی از تفاوت‌ها در سطح مصرف نهاده، پیشرفت‌های کشاورزی و هم‌چنین شرایط خاک و اقلیم است. تحقیق حاضر در سه شهرستان خراسان رضوی به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی عملکرد گندم و لوبیا با توجه به میزان تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش صورت گرفته اسـت. پارامترهای اقلیمی مذکور برای دوره رویش گندم و لوبیا برای دوره آماری از سال ۱۳۸۸– ۱۳۷۲ بر مبنای دسترسی به داده‌های میزان عملکـرد گنـدم و لوبیا در نظر گرفته شده است. جهت بررسی نوسانات زمانی عملکرد از روش سری‌های زمانی و آزمون منکنـدال و در بعـد مکـان از دو روش وزن‌دهـی عکس فاصله و کریجینگ استفاده گردید. نتایج نشان داده است که ۴۰ تا ۷۷ درصد از تغییرات عملکرد گندم را می‌توان با متغیرهـای اقلیمـی توصـیف کرد. تغییرات عملکرد لوبیا با متغیرهای آب و هوایی مشهد رابطه معناداری داشت. عملکرد گندم در شهرهای مشهد، نیشابور و تربت حیدریه روند مثبت و عملکرد لوبیا در شهرهای مشهد و تربت حیدریه روند منفی نشان داد. از بعد مکانی در سال ۱۳۸۸ عملکرد گندم از شرق به سمت غرب کـاهش یافتـه و عملکرد لوبیا، بخش مرکزی خراسان رضوی (تربت حیدریه) بالاترین عملکرد را داشته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون منکندال، درون‌یابی، سری زمانی، نوسانات عملکرد

مقدمه

گنـدم (*Triticum aestivum* L.) از مهـم‌تـرین محصـولات استراتژیک جهان است که هم از لحاظ سطح زیر کشت و هـم مقـدار تولید، قابل توجه بوده و مورد استفاده انسان و دام است. زراعت گنـدم از سایر غلات اهمیت بیشتری داشته و نزدیک به ۳۰ درصد از سـطح زیر کشت کل تولید غـلات جهـان را بـه خـود اختصـاص داده اسـت (Rafiei-Alhosseini and Mohammadi, 2000). رشـد جمعیـت، توسعه اقتصادی و اجتماعی کشوردر دو دهه‌ی اخیر باعث شده اسـت تا مصرف مواد پروتئینی به‌ویژه گوشت قرمز افزایش چشمگیری یابـد. براین اساس افزایش تولید حبوبات به‌عنوان مکمل منابع پروتئینـی در برنامه‌های توسعه‌ی اقتصادی کشور نیز مورد توجه قرار گرفتـه اسـت. حبوبات به‌عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند.

تأثیرات اقلیم بـر عملکـرد محصـولات از طریـق کـنش متقابـل عواملی چون درجه حرارت، دی‌اکسید کربن، رطوبت، بارندگی و سـایر عوامل شکل می‌گیرد. به طور کلی درجه حـرارت، میـزان تشعشـعات خورشیدی و بارش مهم‌ترین پارامترهای محیطی مؤثر بر رشـد و نمـو گیاهان مـی‌باشـند (Bannayan *et al*., 2010) و هرگونـه نوسـان و تغییر در میزان این عوامل بر عملکرد محصولات زراعی تـأثیر خواهـد گذاشت. امروزه بررسی تغییرات اقلیم، مسئله‌ای مهم است کـه توجـه متخصصان را به خود جلـب کـرده اسـت (Hosseini *et al*., 2008). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تولید گیاهان رابطه مستقیم و معنی‌داری با نوسانات اقلیمی دارد، بنابراین ارائه اطلاعات صحیح در رابطه با عوامل اقلیمی مانند بارندگی و دما در طول زمان مفیـد اسـت (Lianghi *et al*., 2005). پژوهشگران طی مطالعاتی نشان دادند که افزایش درجـه حرارت بیشترین تأثیر را بـر مرحلـه گـل‌دهـی ذرت (*Zea mays* L.) گذاشته و با کاهش درصد دوره تلقیح گل، منجر بـه کـاهش عملکـرد ذرت می‌شود. هم‌چنـین افـزایش دو درجـه دمـا باعـث کـاهش دوره گلدهی ذرت از ۱۰ به ۸ روز شده که خود تأثیر بـه‌سـزایی در کـاهش

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و تـرویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشجوی دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشـاورزی، دانشـگاه فردوسـی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Banayan@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.44536

تعداد دانه تشکیل‌شده و عملکرد ذرت داشته است (Mera *et al*., 2006). کاهش عملکرد زعفران در استان خراسان طی ۱۰ سال گذشته به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر عوامل اقلیمی به‌ویژه درجه حرارت و رطوبت قرار گرفته، به طوری که ۳۱ تا ۶۶ درصد نوسانات عملکرد زعفران با در نظر گرفتن این دو متغیر اقلیمی قابل توجیه است (Hosseini *et al*., 2008). در بررسی عملکرد گندم دیم در استان خراسان با استفاده از داده‌های بارندگی و خاک نشان داده شد که بارندگی در ماه‌های فروردین، خرداد، آبان و اسفند، مقدار رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی دائم و درصد رس خاک مهم‌ترین متغیرهای تعیین‌کننده عملکرد گندم دیم می‌باشند (Tatari *et al*., 2009). از بین متغیرهای هواشناسی، دو متغیر تعداد روزهای بارانی در منطقه بیرجند و دمای بیشینه هوا در منطقه مشهد بیشترین مقدار همبستگی را با عملکرد محصولات زراعی دارند (Zare Abyaneh, 2013). در پژوهشی دیگر، نتایج بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی سرخنکلاته استان گلستان نشان داد که توزیع مکانی نیتروژن کل دارای الگوی مشابه پراکنش مکانی مواد آلی بوده و توزیع مکانی ضریب برداشت نیز با پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس مشابهت دارد (Ayoubi and Khormali, 2007). هم‌چنین رفیع الحسینی و محمدی (Mohammadi and Rafiei-Alhosseini, 2000) با تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصل‌خیزی خاک و محصول گندم برای مدیریت زراعی نشان دادند که توزیع مکانی عملکرد گندم دارای الگوی مشابه پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس در خاک بوده است. روئل و پلنت (Roel and Plant, 2002) تغییرات عملکرد برنج در طول زمان و در مکان‌های مختلف در کالیفرنیا را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه نوسانات عملکرد در دو مقیاس وسیع (متأثر از بافت خاک) و در مقیاس کوچک (متأثر از هجوم علف هرز و بیماری و نوسانات سالانه اقلیمی) مورد مطالعه قرارگرفتند. در آنالیز مکانی در مقیاس وسیع از روش median-polishin و در مقیاس کوچک از روش واریوگرام[1] استفاده شد. نتایج نشان داد که نوسانات فصلی در مقایسه با نوسانات سالانه روی عملکرد تأثیر بیشتری دارد و بیشترین سهم در نوسانات در مقیاس کوچک مشاهده گردید.

با توجه به تأثیر تغییرات آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی، مطالعه روند بلندمدت عملکرد این محصولات که براساس روش‌های متداول آماری صورت می‌گیرد، می‌تواند راهکار مناسبی جهت تعیین سهم عوامل آب و هوایی بر نوسانات عملکرد باشد و از آن جا که این روند تغییرات عملکرد در مقیاس منطقه‌ای و بین‌المللی در نقاط مختلف جهان مطالعه شده است، لذا انجام این گونه مطالعات در ایران نیز ضروری است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی روند عملکرد گندم و لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) در سال‌های ۱۳۸۸- ۱۳۷۲ و مطالعه رابطه نوسانات آن‌ها با تغییرات متغیرهای آب و هوایی می باشد.

1- Variogram

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی با مساحتی بالغ بر ۱۲۷/۶۰۰ کیلومتر مربع در شمال شرقی ایران قرار گرفته و حدود ۷/۷ درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود و چهارمین استان کشور از نظر وسعت است. در این تحقیق ۳ شهر از استان خراسان رضوی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۱). داده‌های ۱۷ ساله (۱۳۸۸-۱۳۷۲) عملکرد گندم و لوبیا آبی از سازمان جهاد کشاورزی و پارامترهای اقلیمی از سازمان اقلیم‌شناسی جمع‌آوری و برای افزایش دقت در تهیه نقشه عملکرد گندم و لوبیا از تمام شهرهای استان خراسان رضوی جمع‌آوری شد.

جهت بررسی نوسانات زمانی عملکرد از روش سری‌های زمانی[2] و آزمون منکندال[3] و جهت بررسی نوسانات مکانی عملکرد از دو روش وزن‌دهی عکس فاصله[4] و کریجینگ[5] استفاده شد.

ارزیابی همبستگی بین عملکرد و شاخص‌های آب و هوایی

به منظور بررسی رابطه عملکرد در مناطق تحت بررسی، متغیرهای آب و هوایی شامل بارندگی ماهانه، حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت ماهانه (۱۳۸۸-۱۳۷۲) از مرکز هواشناسی خراسان جمع‌آوری شدند. ارزیابی چگونگی رابطه عملکرد با آب و هوا به‌وسیله رگرسیون ساده و چند متغیره انجام گرفت. به این منظور ابتدا عملکرد (Y) با دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه و نیز بارندگی ماه‌های مربوط به فصل رشد محصول (X) برای تمام شهرهای تحت بررسی به‌صورت جداگانه آنالیز شد تا برای هر شهر نوع شاخص آب و هوایی و مهم‌ترین ماه سال از نظر تأثیر بر عملکرد تعیین شود. سپس با استفاده از رگرسیون چند متغیره رابطه بین عملکرد (Y) و متغیرهای آب و هوایی مؤثر (x_1، x_2، ...، x_n) برای هر شهر تعیین گردید. معادله رگرسیون چند متغیره به‌دست آمده، در معرض حذف گام به گام پس‌رونده متغیرهای مستقل قرار گرفت و به این منظور از روش رگرسیون گام به گام رو به عقب[6] استفاده شد.

2- Time series
3- Mankendal test
4- Inverse distance weighted
5- Kriging
6- Backward Elimination Step Wise/Regression

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ۳ شهر مورد مطالعه
Table 1- Physiographic of study locations

ردیف Row	شهر City	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
1	مشهد Mashhad	36° 24′ N	59° 82′ E
2	نیشابور Nishabur	36° 20′ N	58° 80′ E
3	تربت حیدریه Torbat Heydarieh	35° 44′ N	59° 16′ E

سری‌های زمانی

در آنالیز سری زمانی، نوسانات هر متغیر (Y) در طی زمان (t) به‌وسیله معادله ۱ محاسبه شد.

$$Y_t = F(t) + et$$ (معادله ۱)

که در این معادله، Y مقدار متغیر در هر زمان، f(t) تابع توصیف‌کننده تغییرات Y بر حسب زمان و e خطای برآورد Y در هر سال می‌باشند.

تابع f(t) به دو صورت خطی و درجه ۲ تعریف شد.

$$F(t) = b_1 + b_2 t$$ (معادله ۲)

$$F(t) = b_1 + b_2 t + b_3 t^2$$ (معادله ۳)

در فرم خطی، (t) نوسانات عملکرد به‌صورت تابع خطی در طول زمان توصیف گردید، در حالی‌که در فرم درجه‌ی ۲، تابع عملکرد برحسب زمان، غیرخطی بوده و کاهش عملکرد در طول زمان را بیان می کند.

جهت پیش بینی روند عملکرد روش‌های متعددی وجود دارند از جمله می‌توان، به میانگین متحرک[1]، هموارسازی نمایی[2] و وینترز[3] اشاره کرد که در این مطالعه روش وینترز به‌کار گرفته شد.

آزمون من کندال

آزمون ناپارامتری من کندال ابتدا توسط من[4] (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال[5] (۱۹۷۵) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. از دیگر مزایای استفاده از این روش، اثرپذیری ناچیز آن از مقادیر حدی است که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد.

در آزمون من کندال برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از معادله‌ی ۴ استفاده می‌شود.

$$T = \frac{4p}{n(n-1)} - 1$$ (معادله ۴)

که در این معادله، T آماره‌ی من کندال، N تعداد کل سال‌های آماری مورد نظر و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف n_i است که بعد از آن قرار می‌گیرند و از معادله ۵ به‌دست می‌آید.

$$p = \sum_{i-1}^{n} n_i$$ (معادله ۵)

این آماره برای N>10 به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\frac{4n+10}{9(n-1)}$ شبیه است. در نهایت به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از معادله ۶ استفاده می‌شود.

$$T_i = \pm tg\sqrt{\frac{4N + 10}{9N(N-1)}}$$ (معادله ۶)

که در این معادله، N تعداد کل سال‌های آماری، tg برابر سطح احتمال معنی‌دار بودن آزمون، (T)t آماره من-کندال می‌باشد.

با توجه به مقدار بحرانی به‌دست آمده برای (T)t، حالات مختلف زیر مشاهده شد:

اگر T >(T) t باشد، روند مثبت در سری‌های زمانی غالب می‌شود.

اگر T < (T) t باشد، نشان‌دهنده روند منفی است.

و در صورتی‌که +(T) t > T > -(T) t باشد، هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند.

آزمون من کندال در نرم‌افزار xlstat برای تشخیص و آشکارسازی روند (مثبت یا منفی) داده‌های درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت حداقل، دامنه تغییرات دما، بارندگی و عملکرد گندم و لوبیا در طی دوره آماری در ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

1- Moving average
2- Exponential smoothing
3- Winters method
4- Mann
5- Kendall

روش وزن‌دهی عکس فاصله

در این روش فرض بر این است که نقاط نزدیک نسبت به نقاط دور، شباهت بیشتری به یکدیگر دارند. در این روش برای پیش‌بینی مقدار مجهول یک موقعیت نمونه‌برداری نشده از مقادیر معلوم اندازه‌گیری شده نقاط اطراف استفاده می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری شده‌ای که به موقعیت پیش‌بینی نزدیکتر هستند نسبت به مقادیر دورتر تأثیر بیشتری بر مقدار پیش‌بینی شده دارند. فرض براین است که هر نقطه اندازه‌گیری شده دارای یک محدوده‌ی تأثیر است که با فاصله کمتر می‌شود. در این روش به نقاط معلوم مجاور برحسب نسبت فاصله آنها از نقطه‌ی مجهول، وزن داده می‌شود. وزن نقاط نزدیکتر به موقعیت پیش‌بینی بیشتر از نقاط دورتر است. در حقیقت این روش نوعی میانگین‌گیری وزن‌دار است. اساس این روش بر معادله ۸ استوار است.

$$z(x,y) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z_i$$ (معادله ۷)

که در این معادله، $Z(x,y)$ مقدار نقطه مجهول، λ_i وزن مربوط به نقطه‌ی i ام در تعیین مقدار نقطه مجهول است که خود از معادله ۸ به‌دست می‌آید.

$$\lambda = \frac{\frac{1}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p}}$$ (معادله ۸)

در این معادله، z_i مقدار مربوط به نقطه‌ی i ام، N تعداد نقاط نمونه‌برداری شده، d فاصله نقطه مجهول تا نقطه i ام و p توان یا ضریبی است که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند و نشان‌دهنده میزان اهمیت نقطه است.

توان معمولاً بین ۱ تا ۵ در نظر گرفته می‌شود که هرچه این توان بزرگتر باشد، تأثیر نقاط نزدیک‌تر بیشتر می‌شود.

کریجینگ

این روش مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی است که بر پایه مدل‌ها و روابط آماری پایه‌ریزی شده است. لایه رستری تولید شده از این روش، سطحی بسیار دقیق را نمایش می‌دهد. در روش کریجینگ تمام مشاهدات منطقه مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصولا کریجینگ یک نام عمومی برای کلیه روش‌های زمین آمار، تخمین و برآورد متغیرهای مکانی بوده و به‌عنوان یک تابع خطی از مجموعه مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی نقطه‌ای که تخمین زده شده، شناخته می‌شود.

$$z(x,y) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z_i$$ (معادله ۹)

که در آن $z(x_0)$ مشخصه تخمین زده شده در نقطه‌ی x_0، $z(x_i)$ مقدار عددی مشخصه‌ی مورد بررسی در نقطه x_i و λ_i وزن آماری است که به نمونه $z(x_i)$ واقع در همسایگی نقطه x_i اختصاص می‌یابد.

در این رابطه، n بیانگر تعداد مشاهداتی است که در همسایگی نقطه‌ای که تخمین زده واقع شده است. در حقیقت هدف از کریجینگ، یافتن وزن‌های آماری نمونه‌ها به گونه‌ای است که واریانس تخمین حداقل گردد. بدین ترتیب کریجینگ را می‌توان روشی دانست که طی آن به مجموعه نمونه‌ها به گونه‌ای وزن آماری داده می‌شود که ترکیب خطی آن‌ها نه تنها نااریب شود، بلکه در بین سایر تخمین‌گرهای خطی حداقل واریانس را نیز داشته باشد. برای این که تخمین $z(x_i)$ نااریب باشد، مجموعه ضرایب یا وزن‌های آماری باید برابر واحد در نظر گرفته شود. شرط استفاده از روش کریجینگ آن است که متغیر مورد نظر دارای توزیع نرمال باشد.

ارزیابی خطا

در مطالعه حاضر، مقادیر مشاهده شده با استفاده از دو معیار میانگین خطا[1] و قدر مطلق میانگین خطا[2] با مقادیر برآورد شده مقایسه شدند.

$$MBE = \sum_{i=1}^{N} (E_s - E_o)/N$$ (معادله ۱۰)

$$MAE = \sum_{i=1}^{N} |E_s - E_o|/N$$ (معادله ۱۱)

که در این معادله، N تعداد نمونه، E_S مقادیر برآورد شده، E_O مقادیر مشاهده شده، MBE خطای میانگین بایاس و MAE خطای قدر مطلق میانگین می‌باشد.

معیار خطا در این مطالعه نشان می‌دهد که چه میزان اختلاف بین مقدار برآورد شده و مشاهده شده وجود دارد. اگر مقدار برابر با صفر باشد، نشان‌دهنده آن است که مقادیر نمونه خوب برآورد شده است. در اغلب موارد بین مقدار برآورد شده و مقدار مشاهده شده اختلاف‌هایی وجود دارد. بنابراین هرچه این شاخص از صفر دور شود، نشان‌دهنده این است که اختلاف بین مقادیر مشاهده شده و برآورد شده بیشتر است. شاخص خطای قدر مطلق میانگین نیز، برای سنجش میزان دقت روش استفاده شد که هرچه مقدار به صفر نزدیکتر باشد، میزان دقت مکانی روش بیشتر بوده و هرچه از صفر دورتر شود، از میزان دقت آن کاسته می‌شود (Mera *et al*., 2006).

1- Mean Bias Error
2- Mean Absolute Error

نتایج و بحث

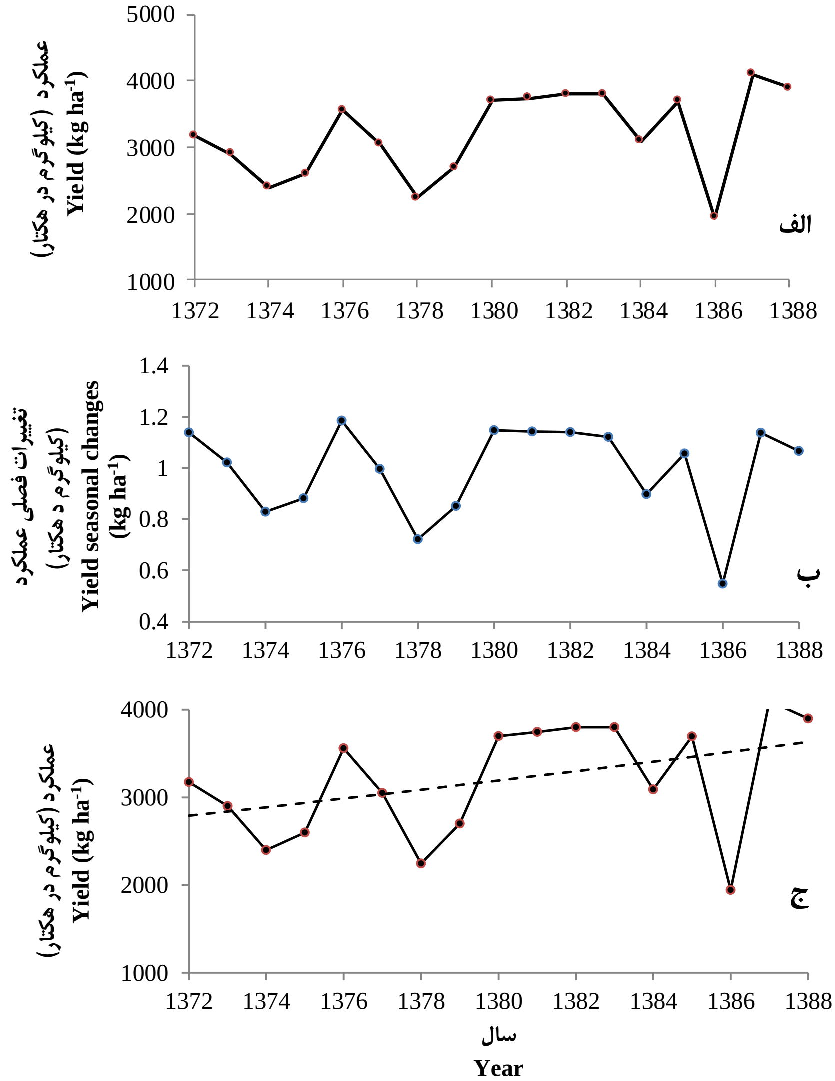
الگوی تغییرات سالانه آب و هوا و عملکرد گیاهان

۱- مشهد

۱-۱- گندم

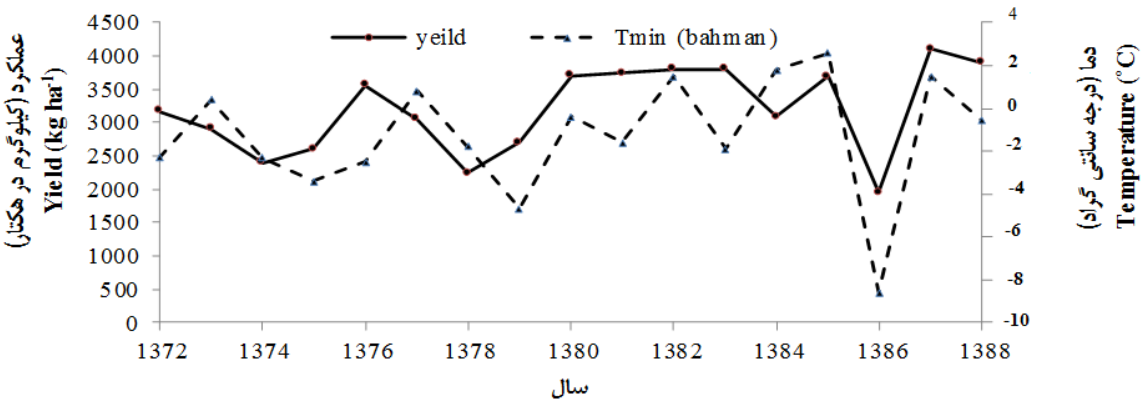
بررسی روند تغییرات عملکرد گندم در مشهد طی ۱۷ سال نشان داد که عملکرد در سال مبدأ (۱۳۷۲) در حدود ۳۱۷۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. پایین‌ترین عملکرد در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۶ به‌ترتیب ۲۴۰۰، ۲۲۰۰ و ۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و بالاترین عملکرد در سال ۱۳۸۷ حدود ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ثبت رسیده است (شکل ۱ الف). پس ازحذف روند از داده‌ها نتایج نشان داد که نوسانات فصلی در این منطقه ۰/۵ تا ۱/۱ کیلوگرم در هکتار از تغییرات عملکرد را در برمی‌گیرد (شکل ۱ ب) و عملکرد گندم با الگوی خطی در حال افزایش است (شکل ۱ ج).

در شهر مشهد بیشترین همبستگی بین عملکرد گندم با درجه حرارت حداقل بهمن ماه مشاهده شد. ۴۰٪ از تغییرات عملکرد گندم در مشهد را می‌توان توسط این متغیر توصیف کرد (جدول ۲). بررسی روند ۱۷ ساله عملکرد با درجه حرارت حداقل بهمن ماه نشان داد که با افزایش دمای حداقل این ماه و نزدیک شدن آن به دمای بهینه (۲- ۵ درجه سانتی‌گراد) میزان عملکرد این محصول افزایش می‌یابد (شکل ۲) (Kamali *et al*., 2008).



شکل ۱- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 1- a) Crop yield changes across 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 years



شکل ۲- روند ۱۷ ساله عملکرد گندم با درجه حرارت بهمن ماه

Figure 2- Trend of wheat yield and February temperature across 17 years

جدول ۲- معادله رگرسیون و ضریب تبیین عملکرد گندم با متغیرهای آب و هوا

Table 2- Regression equation and determination coefficient of wheat yield with weather variables

	گندم Wheat		لوبیا Bean	
شهر City	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب تبیین Determination coefficient	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب تبیین Determination coefficient
نیشابور Nishabur	Y=1930.09-227.8X8+18.28X27	0.70	-	-
مشهد Mashhad	Y=3390.3+150.01X15	0.40	Y=7116.5-320X	0.35
تربت حیدریه Torbat Heydarieh	Y=7678.03-184.09X8+136.8X16	0.77	-	-

۲-۱- لوبیا

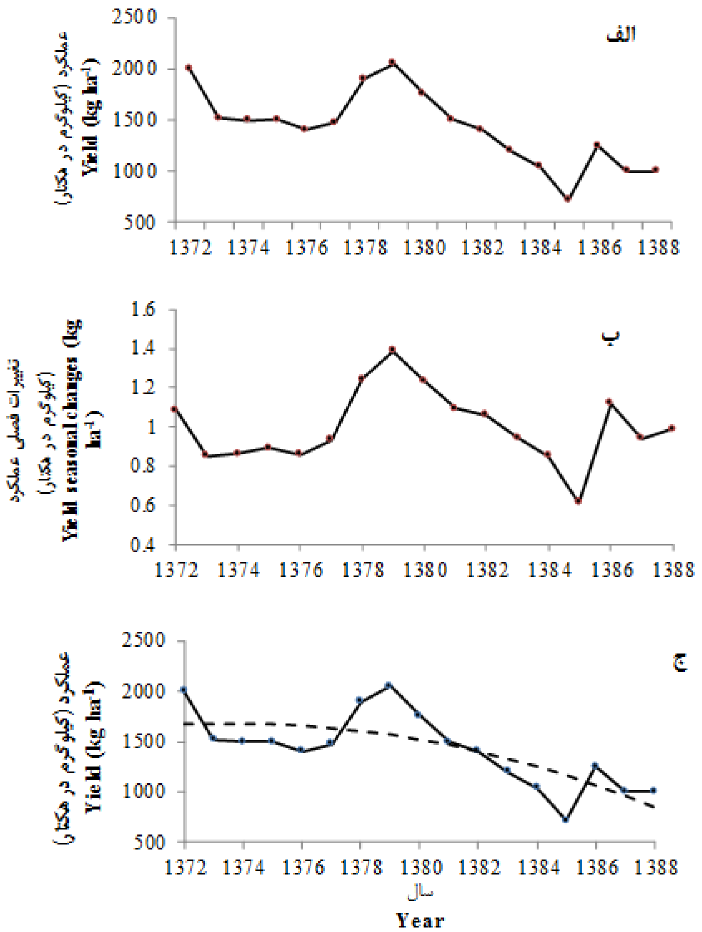
بررسی روند تغییرات عملکرد لوبیا در مشهد نشان داد که عملکرد در سال مبدأ (۱۳۷۲) حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ به‌طور چشمگیری کاهش یافته است (شکل ۳ الف). پس از این دوره عملکرد در سال ۱۳۷۹ به ۲۰۵۲ کیلوگرم در هکتار افزایش و از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ به‌طور چشمگیری کاهش یافته و به حدود ۷۱۴ کیلوگرم در هکتار رسیده است و در نهایت در سال‌های پایانی عملکرد تا ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. پس از حذف روند از داده‌ها نتایج نشان داد که نوسانات فصلی عامل ۰/۶ تا ۱/۴ کیلوگرم در هکتار از تغییرات عملکرد می‌باشد (شکل ۳ ب). روند ۱۷ ساله عملکرد لوبیا از مدل درجه ۲ تبعیت می‌کند و در حال کاهش است (شکل ۳ ج).

در مشهد بین عملکرد لوبیا و متغیرهای آب و هوایی بیشترین همبستگی با درجه حرارت حداقل مشاهده شد (جدول ۲). بررسی روند تغییرات عملکرد با درجه حرارت حداقل نشان داد که با افزایش درجه حرارت حداقل، عملکرد لوبیا کاهش یافت (شکل ۴). لذا چنین نتیجه می‌توان گرفت که، افزایش درجه حرارت بر عملکرد اثر منفی دارد که با نتایج لوبل و آسنر (Lobell and Asner, 2003) و لیانگی (Lianghi, 2005) همخوانی دارد.

۲- نیشابور

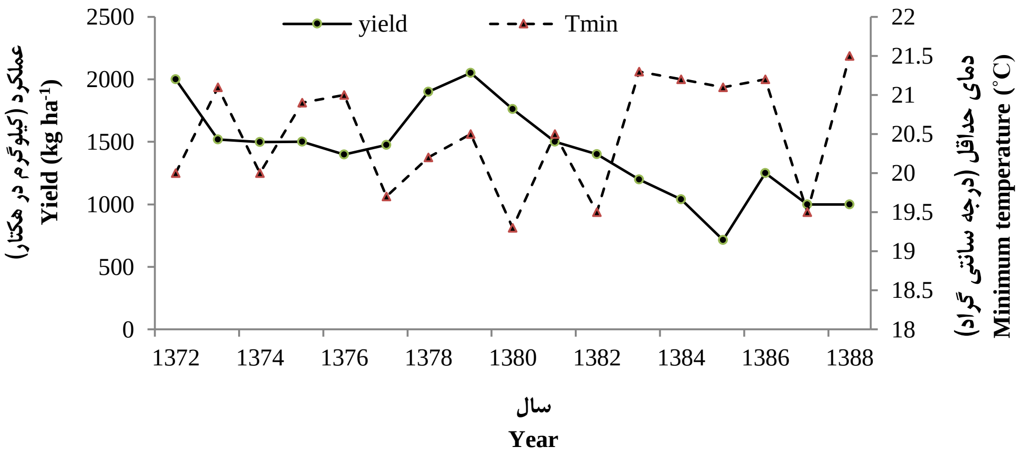
۲-۱- گندم

بررسی روند تغییرات عملکرد گندم در نیشابور نشان داد که عملکرد در سال مبدأ (۱۳۷۲) در حدود ۱۷۰۰ کیلوگرم درهکتار و در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶ به‌طور چشمگیری افزایش داشته و به حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار رسیده است (شکل ۵-الف). کمترین عملکرد این شهرستان در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۶ حدود ۱۴۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوگرم و بالاترین عملکرد در سال ۱۳۸۷ حدود ۳۷۴۹ کیلوگرم در هکتار به ثبت رسیده است. در این میان سهم تغییرات فصلی عملکرد در محدوده ۰/۴ تا۱/۲ کیلوگرم در هکتار بوده است (شکل ۵-ب). روند ۱۷ ساله عملکرد گندم افزایش خطی را نشان داد (شکل ۵-ج).



شکل ۳- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 3- a) Crop yield changes over 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 years

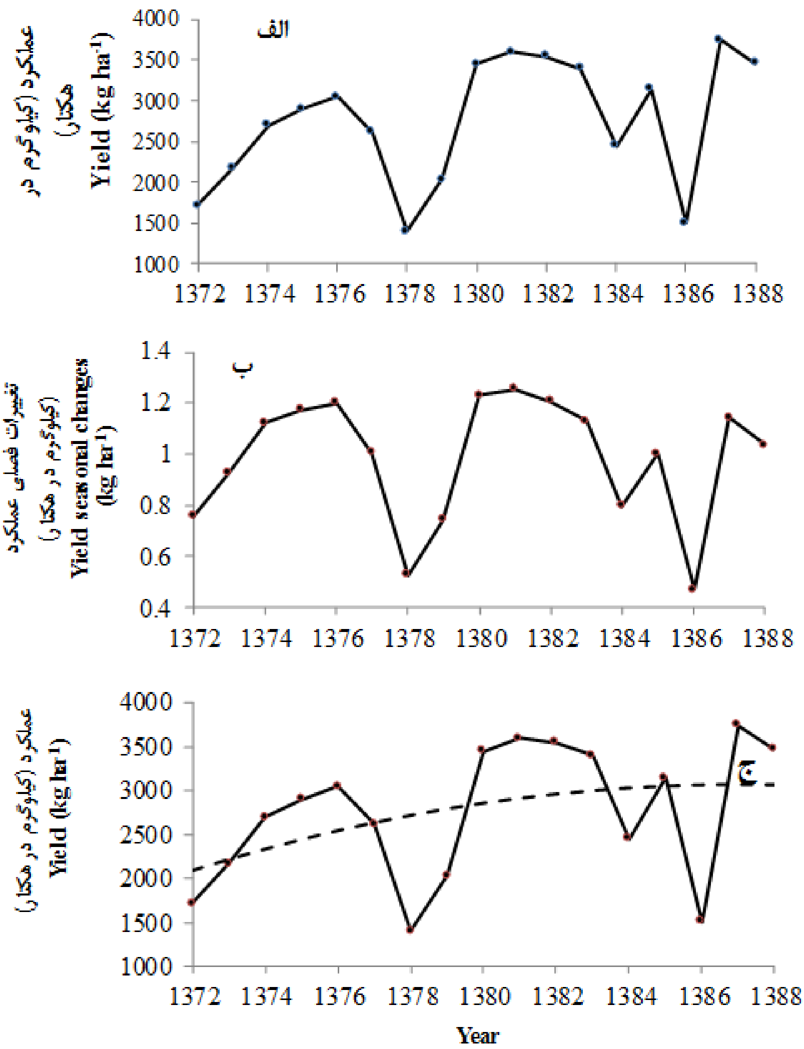


شکل ٤- روند تغییرات عملکرد لوبیا با درجه حرارت حداقل در طی ۱۷ سال

Figure 4- Trend of bean yield and minimum temperature across 17 years

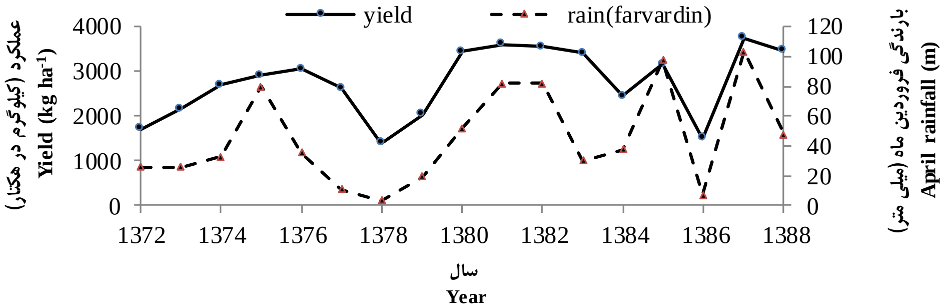
در شهرستان نیشابور بیشترین همبستگی بین عملکرد گندم با بارندگی فروردین ماه و درجه حرارت حداکثر اردیبهشت ماه مشاهده شد (جدول ۲). بررسی روند عملکرد با بارندگی فروردین ماه نشان داد که با افزایش بارندگی در فروردین ماه، عملکرد گندم افزایش یافت (شکل ۶). افزایش بارندگی اواخر دوره رشد اثر بیشتری نسبت به افزایش بارندگی در اوایل دوره رشد دارد (Alijani *et al*., 2011).

بررسی روند عملکرد گندم با دمای حداکثر اردیبهشت نشان داد که با افزایش دمای حداکثر اردیبهشت عملکرد گندم کاهش یافت (شکل ۷)، زیرا مرحله خوشه رفتن گیاه به دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد (Kamali *et al*., 2008) و چنانچه دمای حداکثر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر برود، سبب عقیمی اندام‌های نر در گیاه می‌گردد که نهایتاً باعث افت محصول می‌شود (Safikhani, 2007). در این راستا، متغیرهای بارندگی اثر مثبت و درجه حرارت اثر منفی بر عملکرد دارند (Lobell and Asner, 2003).



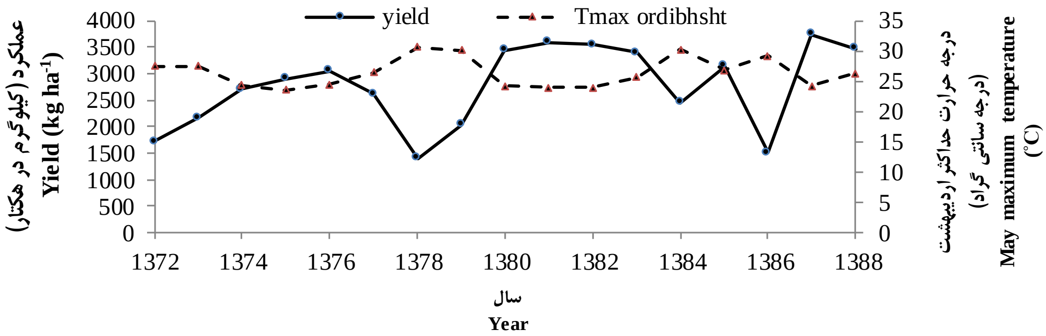
شکل ۵- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 5- a) Crop yield changes over 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 years



شکل ٦- روند ۱۷ ساله عملکرد گندم با بارندگی فروردین ماه

Figure 6- Trend of wheat yield and April rainfall across 17 years



شکل ۷- روند ۱۷ ساله عملکرد گندم با دمای حداکثر اردیبهشت

Figure 7- Trend of wheat yield and May maximum temperature across 17 years

۲-۲- لوبیا

بررسی روند تغییرات عملکرد لوبیا در نیشابور نشان داد که حداکثر عملکرد حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۷۴ بوده و بعد از آن سال روند نزولی را دنبال کرده است (شکل ۸-الف). شکل ۸-ب پس از حذف روند از داده‌ها نتایج نشان داد که نوسانات فصلی در این منطقه از ۰/۷ تا ۱/۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشند (شکل ۸ ب). روند ۱۷ ساله عملکرد لوبیا از مدل درجه ۲ تبعیت می‌کند (شکل ۸-ج).

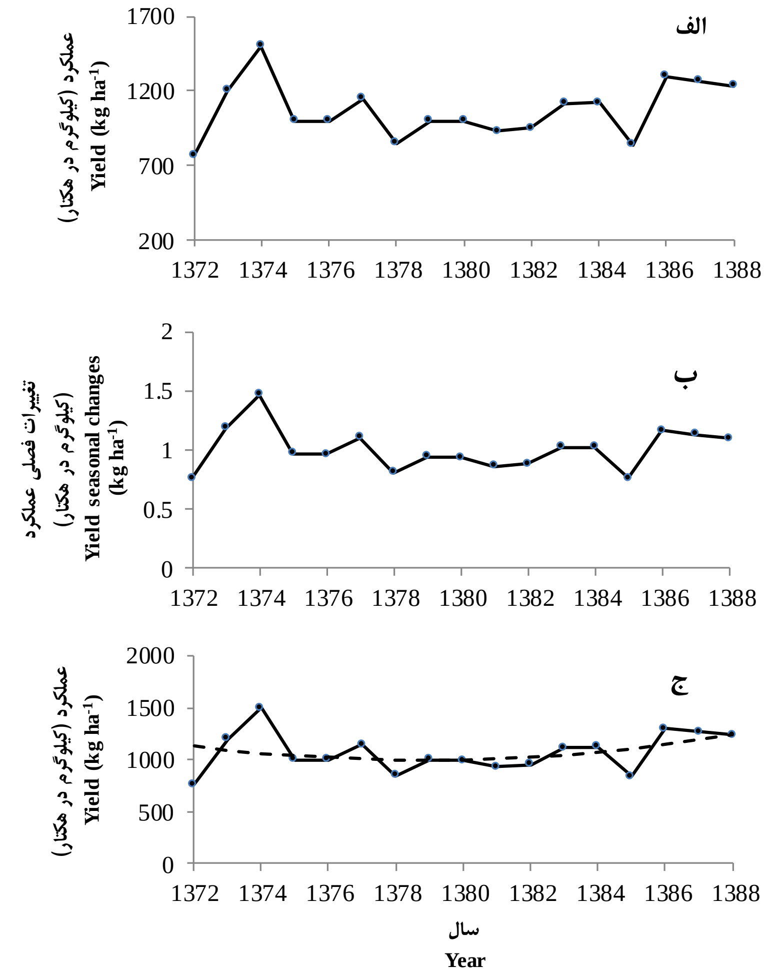
۳- تربت حیدریه

۱-۳- گندم

بررسی روند تغییرات عملکرد گندم در تربت حیدریه نشان داد که عملکرد گندم در سال مبدأ (۱۳۷۲) حدود ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶ به‌طور چشمگیری افزایش داشته و به حدود ۳۳۰۰ کیلو گرم در هکتار رسیده است (شکل ۹-الف). سال ۱۳۷۸ عملکرد گندم در این ناحیه به سطح اولیه مشابه سال مبدأ نزول یافته، بعد از این دوره عملکرد روند صعودی را دنبال کرده، در نهایت در سال ۱۳۸۸ بالاترین عملکرد گندم حدود ۴۰۵۰ کیلوگرم در هکتار به ثبت رسیده است. نوسانات فصلی در این منطقه از ۰/۷ تا ۱/۲ کیلوگرم در هکتار از تغییرات عملکرد را در برمی‌گیرد (شکل ۹-ب). روند ۱۷ ساله عملکرد گندم با مدل درجه ۲ در حال افزایش است (شکل ۹-ج). پس از آنالیز رگرسیون بین عملکرد و متغیرهای آب و هوایی در شهر تربت حیدریه، دمای حداکثر اردیبهشت و دمای حداقل اسفند ماه در مدل نهایی باقی ماند. دمای حداقل اسفند ماه طی ۱۷ سال یک روند افزایشی داشته (شکل ۱۱-الف) و دمای حداکثر اردیبهشت ماه در میان دوره یک روند افزایشی و در انتهای دوره تقریباً به حالت سال اولیه برگشته است (شکل ۱۱-ب).

۷۷ درصد تغییرات عملکرد تحت تأثیر درجه حرارت حداکثر اردیبهشت و دمای حداقل اسفند ماه قرار دارد (جدول ۲). بررسی روند ۱۷ ساله عملکرد با درجه حرارت حداکثر اردیبهشت و درجه حرارت حداقل اسفند ماه نشان داد که با افزایش درجه حرارت حداکثر اردیبهشت، عملکرد کاهش و با افزایش دمای حداقل اسفند ماه عملکرد افزایش یافت (شکل ۱۰). مرحله خوشه رفتن گیاه به دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد (Kamali *et al*., 2008). چنانچه، دمای حداکثر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر باشد، سبب عقیمی اندام‌های نر در گیاه می‌گردد که نهایتاً باعث افت محصول می‌شود (Safikhani, 2007). دمای مناسب برای مرحله سه برگی ۴

درجه سانتی‌گراد است. چنانچه دما نزدیک به ۴ درجه سانتی‌گراد برسد عملکرد افزایش می‌یابد (Dehghanpour *et al.*, 2013).



شکل ۸- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 8- a) Crop yield changes across 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 years

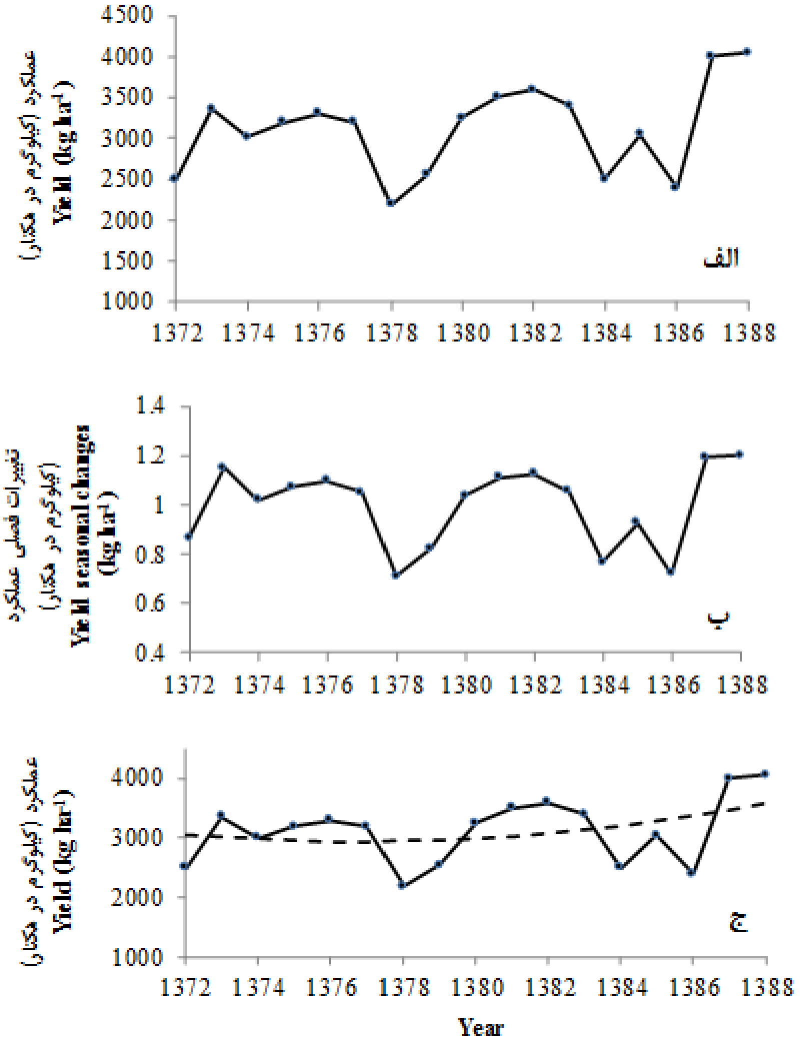
۲-۳- لوبیا

بررسی روند تغییرات عملکرد لوبیا در تربت حیدریه نشان داد که حداکثر عملکرد حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۷۳ بوده و سپس روند نزولی را دنبال کرده است (شکل ۱۱-الف). پس از حذف روند از داده‌ها نتایج نشان داد که نوسانات فصلی در این منطقه از ۰/۵ تا ۱/۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ۱۱-ب). روند ۱۷ ساله عملکرد لوبیا از مدل درجه ۲ تبعیت دارد و عملکرد روند نزولی دارد (شکل ۱۱-ج).

همچنین بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد لوبیا در شهرهای نیشابور و تربت حیدریه هیچ ارتباطی پیدا نشد و احتمال دارد که تغییرات عملکرد لوبیا مربوط به عوامل غیر اقلیمی مانند خاک، مدیریت، آفات و بیماری‌ها، علف هرز باشد.

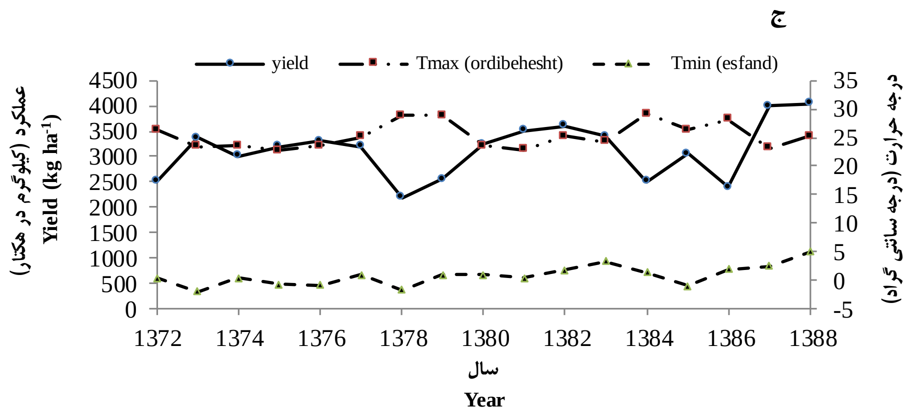
آزمون من کندال

بررسی سری دامنه تغییرات دما در ایستگاه‌های مشهد و تربت حیدریه روند منفی را نشان داد (جدول ۳) (Rahimzadeh and Askari, 2004). دلیل این امر ممکن است، تغییرات بیشتر دمای کمینه نسبت به دمای بیشینه باشد که این موضوع باعث کاهش دامنه تغییرات دما شده است.



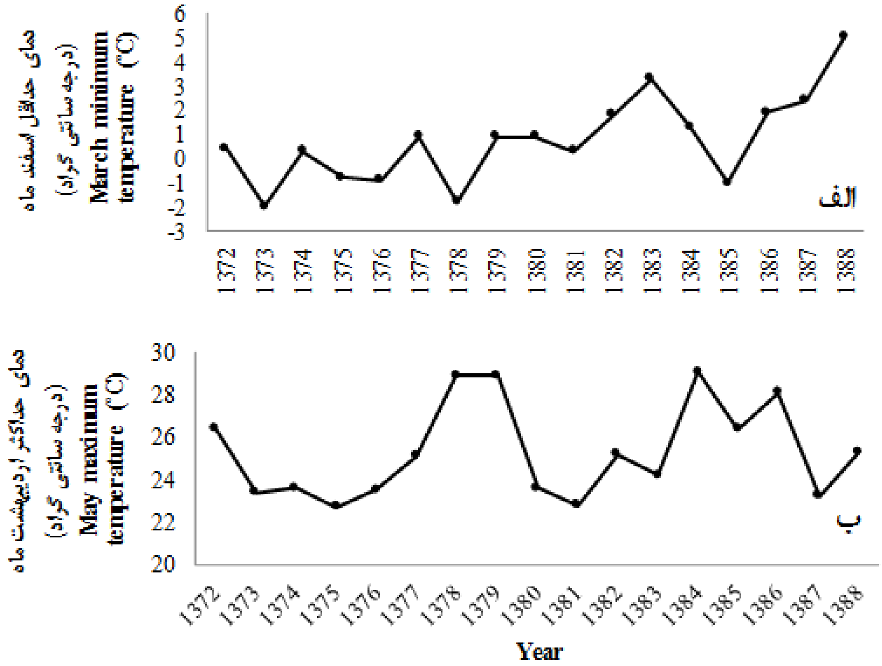
شکل ۹- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 9- a) Crop yield changes across 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 year



شکل ۱۰- روند ۱۷ ساله عملکرد با درجه حرارت حداکثر اردیبهشت و درجه حرارت حداقل اسفند ماه

Figure 10- Trend of yield, May maximum temperature and March minimum temperature across 17 year



شکل ۱۱- الف) دمای مینیمم اسفند ماه ۱۷ ساله و ب) دمای ماکزیمم اردیبهشت ۱۷ ساله

Figure 11- a) March minimum temperature and b) May maximum temperature across 17 years

جدول ۳- روند دامنه تغییرات دما

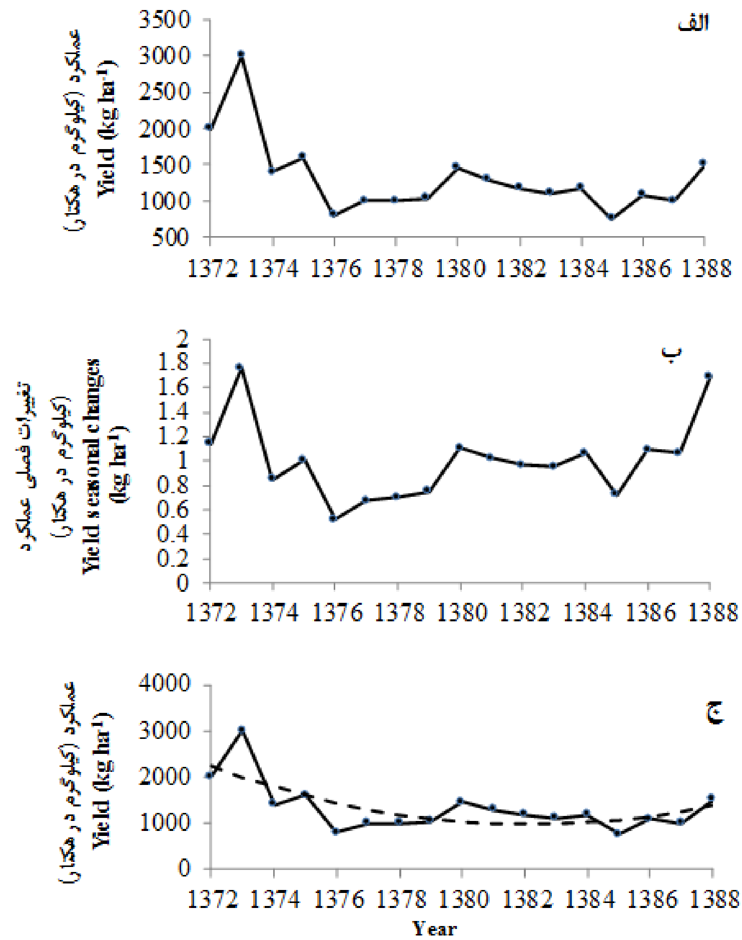
Table 3- The trend of temperature changes range

شهر **City**	میانگین **Mean**	Tمنکندال **T-mankendal**	شیب روند **Dip Process**	**P-value**
مشهد Mashhad	12.9	-0.12	-204	0.008*
نیشابور Nishabur	15.3	-0.03	-56	0.250
تربت حیدریه Torbat Heydarieh	12.9	-0.09	-160	0.028*

جدول ٤- روند عملکرد گندم

Table 4- The trend of wheat yield

شهر **City**	Tمنکندال **T-mankendal**	شیب روند **Dip Process**	**P-value**
مشهد Mashhad	0.376	51	0.018*
نیشابور Nishabur	0.320	44	0.038*
تربت حیدریه Torbat Heydarieh	0.350	48	0.026*



شکل ۱۲- الف) تغییرات ۱۷ ساله عملکرد، ب) تغییرات فصلی عملکرد با حذف روند و ج) روند ۱۷ ساله عملکرد

Figure 12- a) Crop yield changes across 17 years, b) Yield seasonal changes by removing its trend and c) Crop yield trend across 17 years

میزان عملکرد ایستگاه‌های مشهد، نیشابور و تربت حیدریه دارای روند مثبت در سطح معنی‌داری ۵ درصد است (جدول ۴). به عبارتی، عملکرد گندم ۱۷ ساله مشهد از ۳۱۷۳ به ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار، نیشابور از ۱۷۱۱ به ۳۴۶۶ کیلوگرم در هکتار و تربت حیدریه از ۲۵۰۰ به ۴۰۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است.

میزان عملکرد لوبیا در ایستگاه‌های مشهد و تربت حیدریه دارای روند منفی و نیشابور بدون روند در سطح معنی‌داری ۵٪ است (جدول ۵). عملکرد در مشهد از ۲۰۰۰ به ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و تربت حیدریه از ۲۰۰۰ به ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته و در نیشابور تغییر چشمگیری نداشته است.

جدول ۵- روند عملکرد لوبیا

Table 5- The trend of bean yield

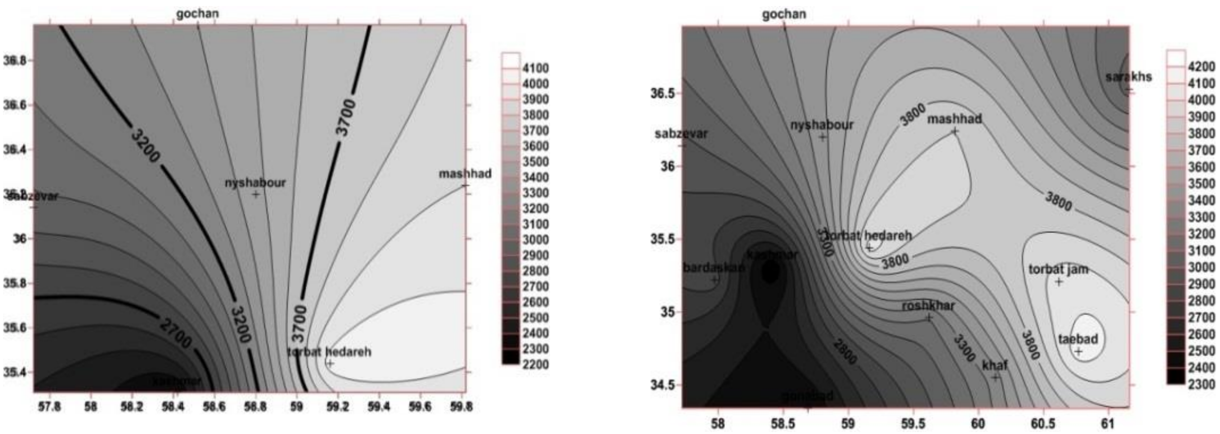
شهر City	Tمنکندال T-mankendal	شیب روند Dip Process	P-value
مشهد Mashhad	0	-78	0.001*
نیشابور Nishabur	0.126	17	0.482
تربت حیدریه Torbat Heydarieh	0	-46	0.032*

به‌طور کلی، با توجه به نتایج آزمون مـن کنـدال، درجـه حـرارت حداقل نرخ افزایشی بیشتری نسبت به درجه حـرارت حـداکثر داشـته است که با نتـایج دیگـران (Bannayan *et al*., 2010; Ebrahimi, 2005) مطابقت دارد.

کریجینگ

عملکرد گندم در سال ۱۳۸۸

تایباد، تربت جام، تربت حیدریه و مشهد بالاترین عملکرد را نشان دادند و به سمت جنوب غربی که شهرهای کاشمر، گناباد و بردسـکن واقع هستند، عملکرد کاهش یافت (شکل ۱۳). بارندگی از شـمال بـه سمت غرب کاهش داشت (شـکل ۱۴–الـف)، درجـه حـرارت حـداکثر (شکل ۱۴–ب) و حداقل از شمال به سمت غرب افزایش (شـکل ۱۴–ج) و متوسط دما از سمت شمال به سمت غرب افزایش یافت (شـکل ۱۴–د). بنابراین در شهرهای جنوب غربی (کاشمر، گناباد و بردسـکن) به دلیل بارندگی کم و درجه حرارت (حداقل و حداکثر) زیـاد، عملکـرد گندم کاهش یافته است.



شکل ۱۳- عملکرد گندم سال ۱۳۸۸ استان خراسان رضوی

Figure 13- Wheat yield in Khorasan Razavi province in 2009

عملکرد گندم در سال ۱۳۷۸

تربت جام بالاترین عملکرد گنـدم را در سـال ۱۳۷۸ نشـان داد و عملکرد از سمت شرق بـه سـمت غـرب کـاهش یافـت (شـکل ۱۵). بارندگی از سمت شمال به سمت جنـوب و غـرب کـاهش نشـان داد (شکل ۱۶–الف). درجه حرارت حداکثر از سمت شمال به سمت غـرب افزایش (شکل ۱۶–ب) و درجه حرارت حداقل از سمت غرب به سمت شمال و شرق کاهش (شکل ۱۶–ج) و متوسط دما از سمت شـرق بـه سمت غرب افزایش یافته است (شکل ۱۶–د).

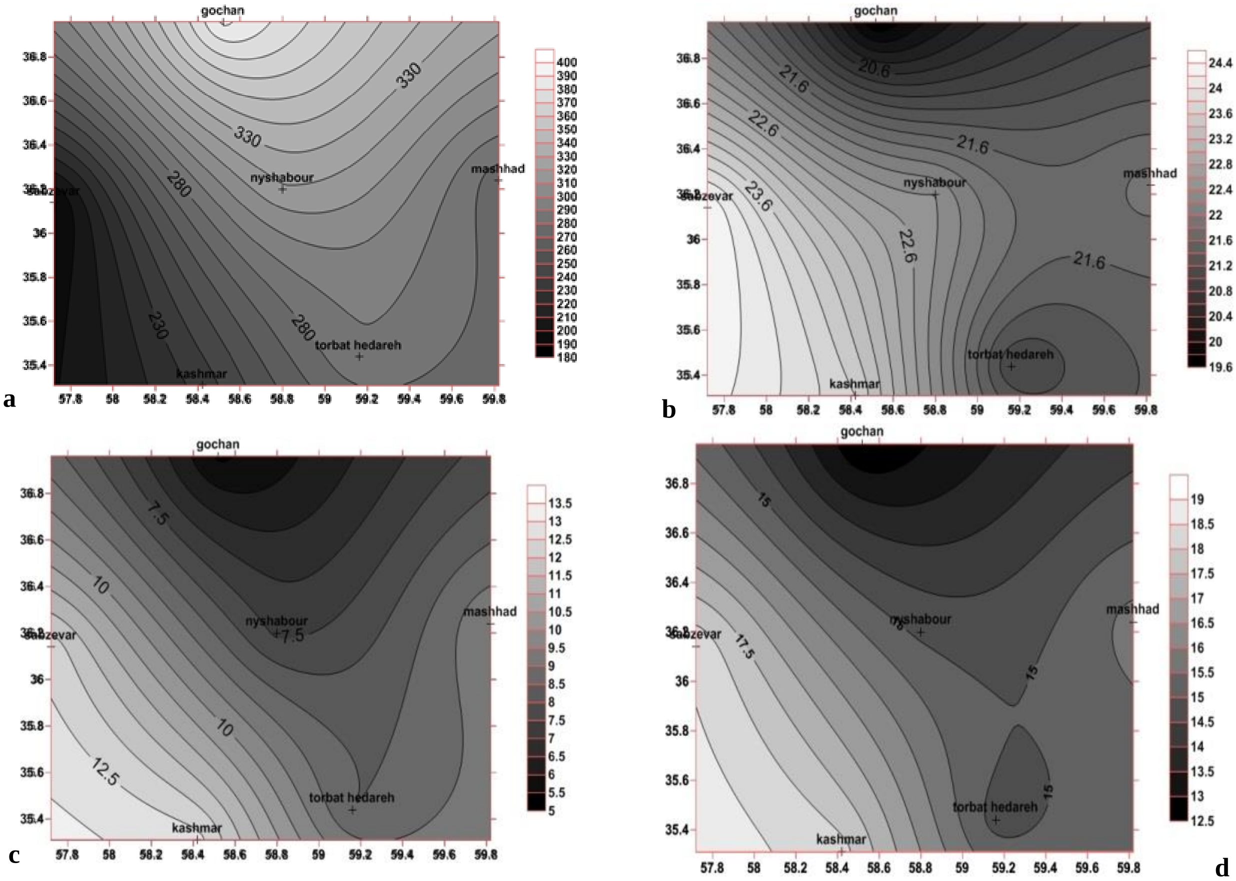
بررسی روند ۱۷ ساله عملکرد گندم در سه منطقـه مـورد مطالعـه نشان داد که کمترین عملکرد گندم در سال ۱۳۷۸ به‌دست آمده است. بنابراین، سال ۱۳۷۸ با آخرین سال مورد مطالعه (۱۳۸۸) مقایسه شـد. عملکرد گندم در سال ۱۳۸۸ در بسیاری از شهرهای خراسان رضـوی بالاست، زیرا در سال ۱۳۷۸ بارندگی و دمـای حـداقل کمتـر از سـال ۱۳۸۸ بوده است. به عبارتی، عملکرد گندم خراسان رضـوی در سـال ۱۳۸۸ بین ۴۲۰۰ و ۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و بارندگی بـین ۱۰۰ تـا ۴۰۰ میلی‌متر و درجه حرارت حداقل بین ۵ تا ۱۳/۵ درجه سانتی‌گـراد بوده است. در مقابل، عملکرد گندم در سال ۱۳۷۸ بین ۲۲۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و بارندگی ۳۴۰ تـا ۱۱۰ میلـی‌متـر (بیشـتر شـهرها بارندگی کمتر از ۱۶۰ میلی‌متر) و درجه حرارت حـداقل بـین ۵ تـا ۱۳ درجه سانتی‌گراد (بیشتر شهرها درجه حرارت حداقل کمتر از ۷ درجـه سانتی‌گراد) بوده است. لذا در سال ۱۳۷۸ عملکرد گندم تقریبـاً نصـف عملکرد سال ۱۳۸۸ حاصل شده است.

عملکرد لوبیا در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۸

عملکرد لوبیا در سال ۱۳۸۸ به سمت شمال استان کـاهش یافتـه است (شکل ۱۷) و بالاترین عملکرد در تربت حیدریـه مشـاهده شـده است. در سال ۱۳۷۸ عملکرد لوبیا به سمت جنـوب و غـرب عملکـرد کاهش یافت (شکل ۱۸) و بالاترین عملکرد در مشهد بـه‌دسـت آمـده است.

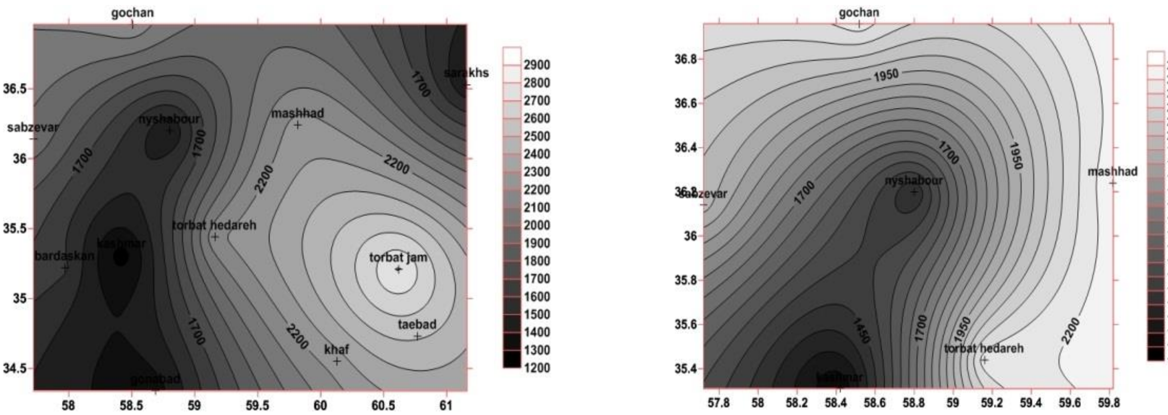
بالاترین عملکرد گیاه لوبیا در سال ۱۳۷۸ در مشـهد بـا عملکـرد ۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و در سال ۱۳۸۸ در تربت حیدریه با عملکـرد ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. در سال ۱۳۷۸ در تربـت حیدریـه درجه حرارت حداکثر ۲۰/۴ (درجه سانتی‌گـراد) و حـداقل ۷/۳ (درجـه سـانتی‌گـراد) بـوده، کـه کمتـر از درجـه حـرارت حـداکثر (۲۲ درجـه سانتی‌گراد) و حـداقل (۸/۴ درجـه سـانتی‌گـراد) مشـهد بـوده اسـت. بنابراین، عملکرد تربت حیدریه در سال ۱۳۷۸ کمتر از عملکرد مشـهد

شده است. در سال ۱۳۸۸ دمای حداقل مشهد (۹/۵ درجه سانتی‌گراد) بالاتر از دمای حداقل تربت حیدریه (۸/۵ درجه سانتی‌گراد) بـوده، در نتیجه عملکرد لوبیا مشهد در سال ۱۳۸۸ کمتر از عملکرد لوبیا تربـت حیدریه بوده است.



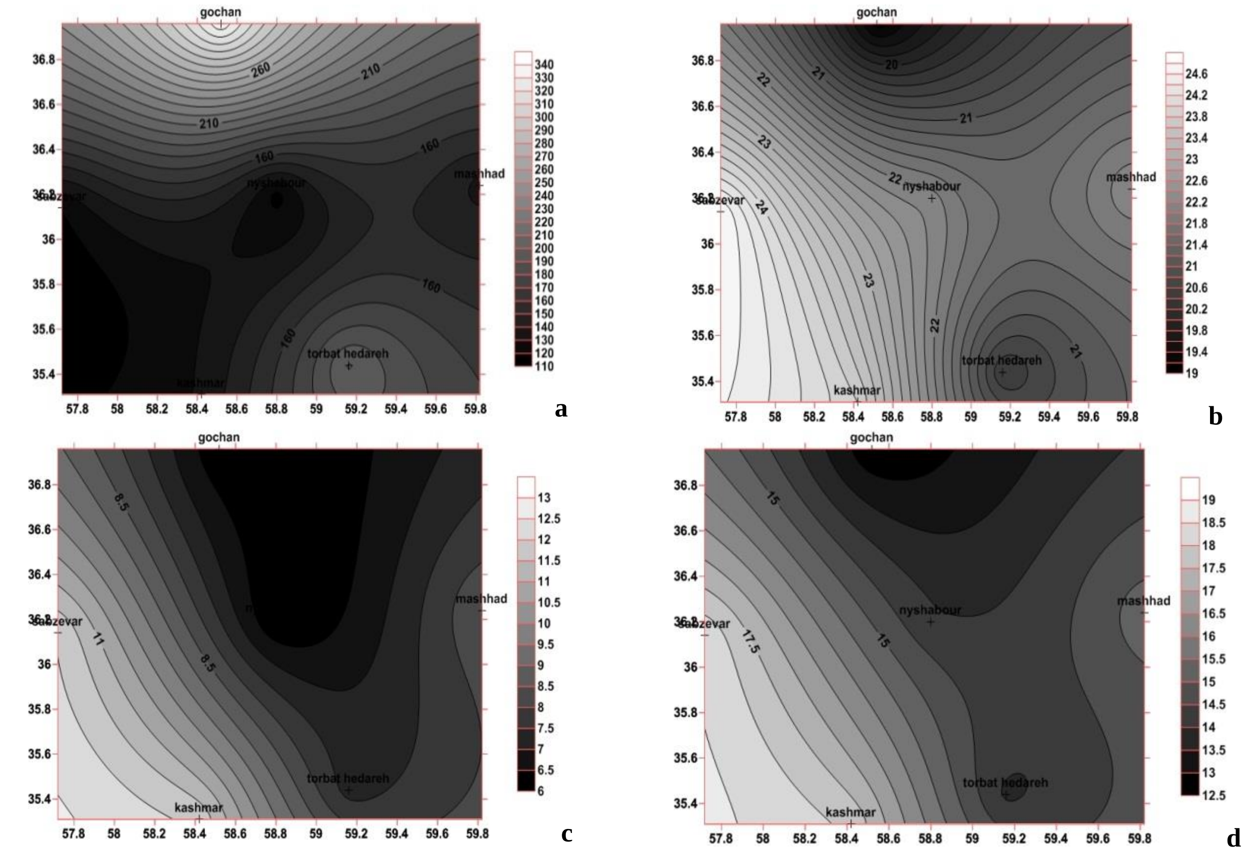
شکل ١٤- الف) بارندگی، ب) درجه حرارت ماکزیمم، ج) درجه حرارت مینیمم و د) متوسط دما در سال ۱۳۸۸

Figure 14- a) Rainfall, b) Maximum temperature, c) Minimum temperature and d) Average temperature in 2009



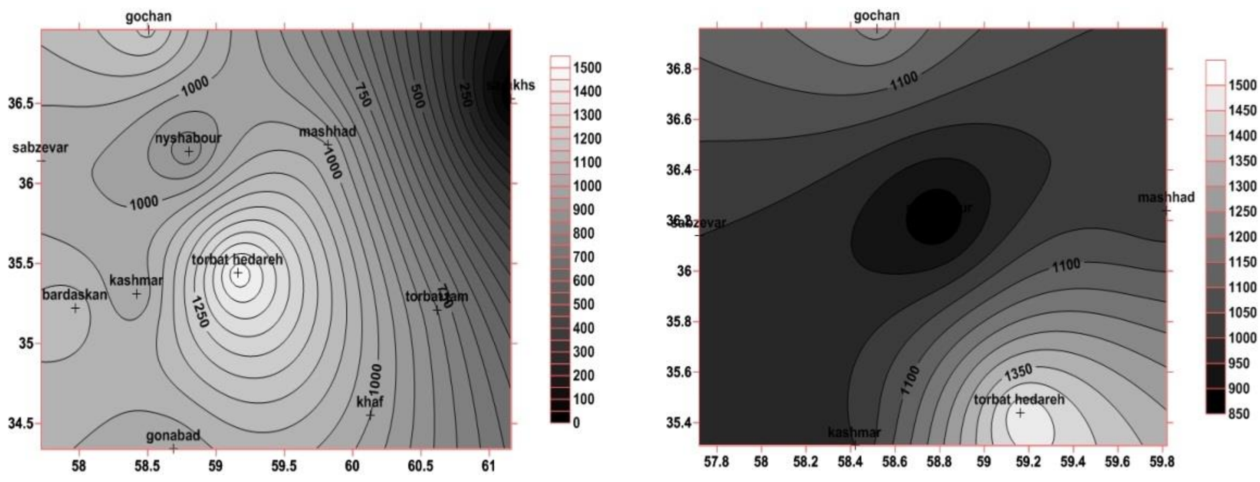
شکل ۱۵- عملکرد گندم سال ۱۳۷۸ استان خراسان رضوی

Figure 15- Wheat yield in Khorasan Razavi province in 1999



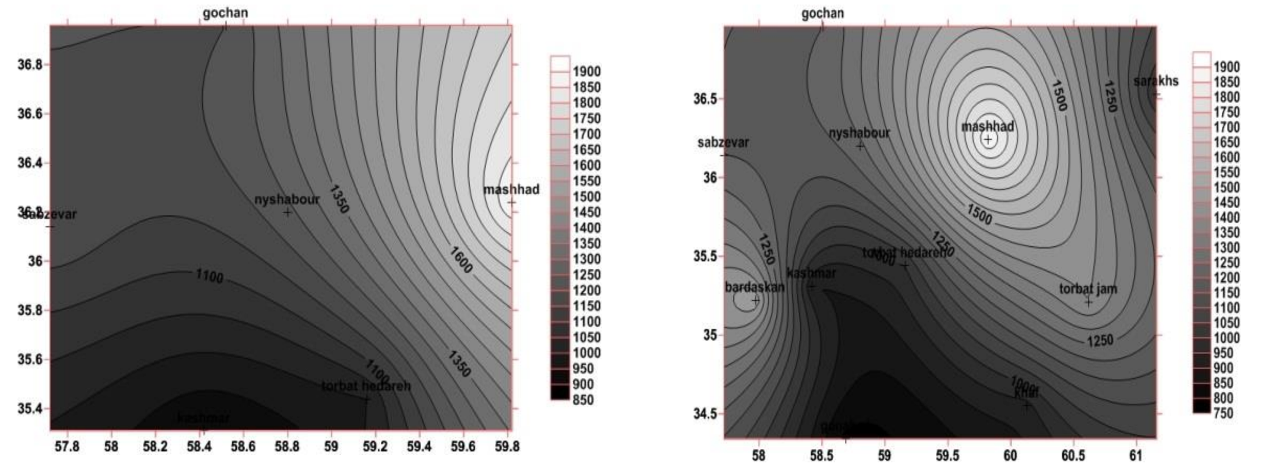
شکل ۱٦- الف) بارندگی، ب) درجه حرارت ماکزیمم، ج) درجه حرارت مینیمم و د) متوسط دما در سال ۱۳۷۸

Figure 16- a) Rainfall, b) Maximum temperature, c) Minimum temperature and d) Average temperature in 1999



شکل ۱۷- عملکرد لوبیا سال ۱۳۸۸ استان خراسان رضوی

Figure 17- Bean yield in Khorasan Razavi province in 2009



شکل ۱۸- عملکرد لوبیا سال ۱۳۷۸ استان خراسان رضوی

Figure 18- Bean yield in Khorasan Razavi province in 1999

جدول ٦- نتایج مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی مکانی

Table 6- Comparision of different interpolation methods

		MBE	MAE
گندم Wheat	کریجینگ kriging	57.43	125.73
	وزن‌دهی عکس فاصله Inverse distance weighting	78.26	203.99
لوبیا Bean	کریجینگ kriging	55.25	116.35
	وزن‌دهی عکس فاصله Inverse distance weighting	82.66	123.92

ارزیابی خطا

بررسی میزان خطای حاصل از اجرای روش‌های مختلف درون‌یابی نشان داد که کم‌ترین خطای مشاهدات مربوط به روش درون‌یابی کریجینگ است (جدول ۶). از نظر دقت فضایی روش کریجینگ بهترین نتیجه را داشته است که با نتایج (Faraji and Azizi, 2006) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ۴۴ تا ۷۷ درصد از تغییرات عملکرد را می‌توان با متغیرهای اقلیمی توصیف کرد، تأثیر بارندگی در مقایسه با درجه حرارت ماهانه کمتر و ناچیز بود. تغییرات عملکرد لوبیا با متغیرهای آب و هوایی مشهد رابطه معنی‌داری نشان داد و هیچ رابطه‌ای در شهرهای دیگر با پارامترهای اقلیمی مشاهده نشد، زیرا اثر تغییرپذیری عوامل اقلیمی بر میزان عملکرد لوبیا بسیار اندک بوده است و نقش پارامترهای اقلیمی پیچیده است و به غیر از پارامترهای آب و هوایی، متغیرهای دیگری مانند مدیریت، خاک، نهاده‌های کشاورزی، آفات و بیماری‌ها و علف‌هرز می‌تواند باعث نوسانات عملکرد گردد.

بر اساس آزمون من کندال با سطح معنی‌داری ۹۵٪ عملکرد گندم در شهرهای مشهد، نیشابور و تربت حیدریه دارای روند مثبت و عملکرد لوبیا در شهرهای مشهد و تربت حیدریه دارای روند منفی بوده است و شهرهای دیگر روند خاصی را نشان ندادند. از بعد مکانی در سال ۱۳۸۸ عملکرد گندم از شرق به سمت غرب کاهش یافته است و عملکرد لوبیا در مرکز خراسان رضوی (تربت حیدریه) بالاترین عملکرد را دارا بوده است. مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی نشان داد که روش کریجینگ از نظر میزان خطا، کمتر از وزن‌دهی عکس فاصله است و از نظر دقت فضایی با استفاده از قدر مطلق میانگین نیز کریجینگ بهتر از وزن‌دهی عکس فاصله می‌باشد.

References

1. Alijani, F., Karbasi A., and Mozafari Mosnen, M. 2011. Investigating the effect of temperature and rainfall on the Iranian irrigated wheat yield. Agricultural Economics and Development 19 (76): 143-167. (in Persian).

2. Mohammad Zamani, S., Ayoubi, Sh., and Khormali, F. 2007. Spatial Variability of Wheat Yield and Soil Properties in a Selected Agricultural Land of Sorkhankalateh of Golestan province. Journal of Water and Soil Sciences 11 (40): 79-92. (in Persian with English abstract).
3. Bannyan, M., Mohammadian, A., and Alizadeh, A. 2010. Investigation of the climatic fluctuability in the northeast of Iran. Water and Soil 24 (1): 118-131. (in Persian with English abstract).
4. Dehghanpour, A., Dehghanzadeh, R., and Fallahpour, M. 2013. Investigatiion of the most important climatic parameters influencing the Iranian wheat performance with the approach of the climate change. The 1st International Electronic Conference on Agricultural Sciences and Natural Resources, Shiraz, Iran. (in Persian).
5. Ebrahimi, H., Alizadeh A., and Javanmard, S. 2005. An investigation on the existence of temperature change in Mashhad plain as the profile of the climate change in the region. Geographical Research 20 (4): 5-18. (in Persian).
6. Faraji-Sabokbar, H., and Azizi, Gh. 2006. Applied Meteorology. Meteorology Research Center Press. Geographical Research 58: 1-15. (in Persian).
7. Hosseini, M., Mollafilabi, A., and Nasiri Mahallati, M. 2008. The effect of long-term fluctuations of temperature and rainfall on the saffron performance. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (11): 79-88. (in Persian with English abstract).
8. Kamali, Gh., Asgari, A., and Nohhi, A. 2008. Applied Meteorology. Meteorology Research Center Press. (in Persian).
9. Kimbal, B. A., Kobayashi, K., and Bindi, M. 2002 .Responses of agricultural crops to free air CO_2 enrichment. Advanced Agronomy 77: 293-368.
10. Lianghi, Y., Mark, W., Cheng, F., and Stanly, W. 2005. Impact of global warming on Chinese wheat productivity. Inernational Food Policy Research Institute, discussion paper. 143-158.
11. Lobell, D., and Asner, G. 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yield. Science 299 (5609): 1002-1023.
12. Mera, R. J., Niyogi, D., Buol, G. S., Wilkerson, G. G., and Semazzi, F. H. M. 2006. Potential individual versus simultaneous climate change effect on soybean and maize crop: an agrotechnology model based study. Global Planetary change 54: 163-182.
13. Rafiei-Alhosseini, M., and Mohammadi, J. 2000. Analysis of the spatial distribution of soil fertility and the product performance for an accurate agronomic management. The 7th Conference on Soil Science 178-180. (in Persian).
14. Roel, A., and Plant, R. 2002. Spatiotemporal analysis of rice yield variability in California. In: Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture.
15. Rahimzadeh, F., and Askari, A. 2004. View on difference between minimum and maximum temperatures and a decrease in the range of diurnal temperature in the country. Geographical-Research Quarterly 73: 155-171. (in Persian).
16. Safikhani, S. 2007. Study of ten-year trend of increase in wheat production and yield in the country. Agro-industry Magazine 94: 23-34. (in Persian).
17. Koocheki, A., and and Nasiri Mahallati, M. 2009. Impacts of climate change and CO_2 concentration on wheat yield in Iran and adaptation strategies. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 139-153. (in Persian with English abstract).
18. Tatari, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Dryland wheat yield prediction using precipitation and edaphic data by applying of regression models. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 357-365. (in Persian with English abstract).
19. Zare Abyaneh, H. 2013. Evaluating roles of drought and climatic factors on variability of four dry farming yields in Mashhad and Birjand. Soil and Water Knowledge 23 (1): 39-56. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 263-282

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۸۲-۲۶۳

Temporal and Spatial Variation of Wheat and Bean Yields, Case Study: Khorasan-e Razavi province

Kh. Pooya Nasab[1]- M. Bannayan Aval[2*]- R. Gorbani[2]- S. Sanjani[3]- F. Yaghoubi[4]

Received: 18-02-2015
Accepted: 11-06-2017

Introduction

The impact of climate on crop yield is mediated through the interaction of temperature, carbon dioxide, humidity, rainfall and the other factors. In general, temperature, solar radiation and precipitation are the most important environmental parameters affecting growth and development of plants and their fluctuations will affect crop yields.

Materials and Methods

In this research, three cities located in Khorasan-e Razavi province were studied. 17-years interval data (77-82) of wheat and bean yields and climate parameters was collected from agriculture (Jahad-e Keshavarzi) and meteorological (IRIMO) organizations of Iran, respectively. To investigate temporal variation of wheat and bean yields, time series method and Mankendal test was used. In case of spatial variation of yields, two methods consist of inverse distance weighted (IDW) and Kriging was utilized. To investigate yield correlation among different regions, the thirteen-year climatic variables including monthly rainfall and minimum, maximum and optimum temperatures was obtained from whether center of Khorasan-e Razavi province. The correlation between yield and climatic variables was evaluated via simple and multivariate regression.

Results and Discussion

The trend of yield changes over 17 years across Mashhad city showed that yield reduction was 2900, 2200 and 1900 kg during 1374, 1378 and 1386, respectively, and the highest wheat yield was recorded 4100 kg during 1387. In Mashhad city, the highest correlation between wheat yield and climatic variables was obtained in January minimum temperature, so that 40% of wheat yield changes in Mashhad can be described by this variable. The 17-year trend of wheat yield showed a linear increase. Over 17 years, the low yield was 1700, 1400 and 1500 kg in 1372, 1378 and 1386, respectively, and the highest yield was recorded 3749 kg in 1387. In Nishabour county, wheat yield showed the highest correlation, among climatic variables, with March rain and April maximum temperature (r=70.0). Yield was reduced to 2181 kg ha^{-1} in 1999 and in 2009 the highest yield was 4050 kg ha^{-1}. Torbat-e-heydarieh was stable in the final model after regression analysis between yield and climate variables maximum and minimum temperatures in May and March respectively. There was no relationship between climate variables and yield in bean for Neyshabur and Torbat-e-heydarieh. Variations in bean yield may be due to non-climatic factors such as soil, management, pest and disease, weed and etc. In general, according to Mankendal test, minimum temperatures had a more increasing rate compared to maximum temperatures. Among 17 years of wheat yield in three research sites, the least yield was obtained in the year 1999 , therefore this year was compared with 2009; the last year of research. Wheat yield was high in many Khorasan-e Razavi province cities in 2009, because rainfall and minimum temperatures were lower during 2009. In the other words, the wheat performance of Khorasan Razavi in 2009 was between 2200 and 4200 $kgha^{-1}$ and rainfall lay in the range of 100-400 mm and the minimum temperature varied from 5 to 13.5°C, while the wheat performance in 1999 ranged from 1200 to 2200 kg ha^{-1} and rainfall varied from 110 to 340 mm (rainfall was less than 160 mm in most cities) and the minimum temperature was within the range of 5-13°C (the minimum temperature was less than 7°C in most cities). Consequently, the wheat performance in 2009 was nearly two

1- Former MSc. Student, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extention Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- PhD. Student, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: banayan@um.ac.ir)

times higher than that in 1999. Bean had the best performance (1900 kg ha^{-1}) in Mashhad in 1999. At the same time, it had the best performance (1500 kg ha^{-1}) in Torbat Heidrieh in 2009, because in 1999, the maximum and minimum temperatures in Torbat Heidarieh were 20.4 and 7.3°C, respectively which were less than the maximum (22°C) and minimum (8.4°C) temperatures in Mashhad. Therefore, the performance of Torbat Heidarieh was less than that of Mashhad in 1999. In 2009, the minimum temperature of Mashhad (9.5°C) was higher than that of Torbat Heidarieh (8.5°C); as a result, the bean performance of Mashhad was less than that of Torbat Heidarieh in 2009. The kriging method showed the best results in terms of spatial accuracy.

Conclusions

In this study, wheat and bean yields in three locations in Khorasan-e Razavi province were studied over a period of 17 years. The impact of rainfall compared with monthly temperature as irrigation, has been very low and insignificant. There was a meaningful relationship between bean yield changes and climatic variables only in Mashhad station. . From the view point of spatial variation, in year 2010, wheat yield decreased from East to the West and bean yield showed the maximum amount in the center of Khorasan province (Torbat Heydaryieh).

Keywords: Interpolation, Time series, Wheat and Bean yield